625.25
L56m

MÉMOIRE

SUR UN

NOUVEAU FREIN ÉLECTRO-PNEUMATIQUE[1]

DE

M. CHAPSAL

PAR

M. Georges LESOURD

Depuis quelques années déjà, l'accroissement du trafic des voyageurs et des messageries a conduit les grandes Compagnies de chemins de fer à augmenter progressivement le nombre des véhicules entrant dans la composition de leurs trains ; et dans la plupart des cas, les efforts faits dans ce sens tendraient, pour ainsi dire, à ne limiter ce nombre qu'à la puissance de traction des machines. C'est ainsi que fréquemment, on forme des trains de banlieue de vingt-deux et même de vingt-quatre voitures, et qu'on a essayé de créer des trains de messageries à vitesse accélérée comportant un nombre de véhicules encore bien supérieur.

Toutefois, dans cet ordre d'idées, les Compagnies devaient rencontrer dans le fonctionnement des freins continus un obstacle imprévu, et qu'on n'est pas encore parvenu à surmonter.

En effet, les appareils de freins de divers systèmes qui donnaient des résultats satisfaisants sur des trains ordinaires de douze à seize véhicules, deviennent délicats à manœuvrer dès qu'on dépasse ce nombre, et sont même une source d'ennuis assez graves quand on atteint dix-huit à vingt véhicules. Cela tient au fonctionnement même de tous ces systèmes, basé sur des évacuations ou des rentrées d'air dans la conduite générale régnant le long du train. Ces mouvements d'air, s'effectuant par la seule ouverture du robinet de manœuvre placé sur la machine, mettent par conséquent d'autant plus de temps à se faire sentir sur un véhicule de rang quelconque, que sa distance à la machine est plus grande.

(1) Voir planches nos 154 et 155.

54110

Il en résultait une absence de simultanéité au serrage et au desserrage, et la production de remous donnant lieu à des réactions très brusques, désagréables aux voyageurs, nuisibles au matériel et suffisantes même pour produire, dans beaucoup de cas, des ruptures d'attelage.

Il est facile de se rendre compte de ce fait, en considérant une conduite générale A, B, chargée de la pression normale de 4 *atm*, par exemple, et en état d'équilibre *(fig. 2)*.

Si par l'extrémité A on produit une perte d'air, la pression va tomber successivement tout le long de la conduite, et se répartir suivant la courbe indiquée en traits pleins.

A ce moment, les véhicules de tête sont serrés à fond, alors que ceux de queue ne le sont pas encore.

Si, dans ces conditions, on ferme l'ouverture A, le flux de la colonne d'air continue à s'opérer vers ce point, et y donne lieu à une sorte de coup de bélier, tout en produisant une dépression relative vers B; la courbe des pressions indiquée en traits pointillés, devient alors l'inverse de la première.

Ce remous a pour effet immédiat de produire le desserrage des véhicules de tête, et de serrer à fond les véhicules de queue.

Au desserrage, la rentrée d'air se faisant également par le seul robinet du mécanicien, c'est-à-dire par A, l'augmentation de pression ne se produit que progressivement, en sorte que les véhicules de tête se desserrent bien avant ceux de queue.

Si donc, le train se remet en marche, ou accélère sa vitesse avant le desserrage complet, il arrive que l'avant mobile vient tirer en donnant le plus souvent un coup de fouet sur l'arrière encore immobilisé, et qu'une rupture d'attelage est possible et même probable en ce point.

Souvent ces phénomènes se répartissent en plusieurs groupements, de sorte qu'un certain nombre de ruptures peuvent avoir lieu à la fois.

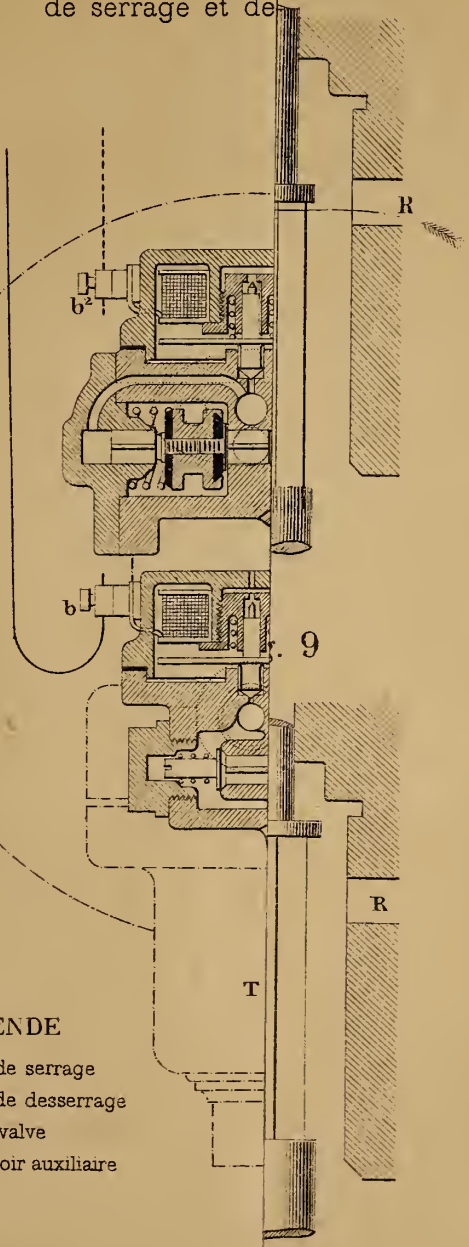
Ils se produisent du reste avec plus ou moins d'intensité, suivant l'habileté que met le mécanicien à étrangler progressivement les sorties ou les rentrées d'air.

On conçoit toutefois que, presque inappréciables pour une conduite de petite longueur, ils s'accentuent de plus en plus avec l'augmentation de longueur du train, et par conséquent de la conduite en question.

Fig. 5

Nouvelle disposition des

de serrage et de



LÉGENDE

Valve de serrage
Valve de desserrage
Triple valve
Réservoir auxiliaire

17013
ourtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

Il en résultait une absence de simultanéité au serrage et au desserrage, et la production de remous donnant lieu à des réactions très brusques, désagréables aux voyageurs, nuisibles au matériel et suffisantes même pour produire, dans beaucoup de cas, des ruptures d'attelage.

Il est facile de se rendre compte de ce fait, en considérant une conduite générale A, B, chargée de la pression normale de *4 atm*, par exemple, et en état d'équilibre *(fig. 2)*.

Si par l'extrémité A on produit une perte d'air, la pression va tomber successivement tout le long de la conduite, et se répartir suivant la courbe indiquée en traits pleins.

A ce moment, les véhicules de tête sont serrés à fond, alors que ceux de queue ne le sont pas encore.

Si, dans ces conditions, on ferme l'ouverture A, le flux de la colonne d'air continue à s'opérer vers ce point, et y donne lieu à une sorte de coup de bélier, tout en produisant une dépression relative vers B; la courbe des pressions indiquée en traits pointillés, devient alors l'inverse de la première.

Ce remous a pour effet immédiat de produire le desserrage des véhicules de tête, et de serrer à fond les véhicules de queue.

Au desserrage, la rentrée d'air se faisant également par le seul robinet du mécanicien, c'est-à-dire par A, l'augmentation de pression ne se produit que progressivement, en sorte que les véhicules de tête se desserrent bien avant ceux de queue.

Si donc, le train se remet en marche, ou accélère sa vitesse avant le desserrage complet, il arrive que l'avant mobile vient tirer en donnant le plus souvent un coup de fouet sur l'arrière encore immobilisé, et qu'une rupture d'attelage est possible et même probable en ce point.

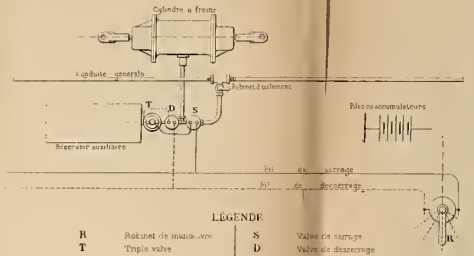
Souvent ces phénomènes se répartissent en plusieurs groupements, de sorte qu'un certain nombre de ruptures peuvent avoir lieu à la fois.

Ils se produisent du reste avec plus ou moins d'intensité, suivant l'habileté que met le mécanicien à étrangler progressivement les sorties ou les rentrées d'air.

On conçoit toutefois que, presque inappréciables pour une conduite de petite longueur, ils s'accentuent de plus en plus avec l'augmentation de longueur du train, et par conséquent de la conduite en question.

Fig 1

Ensemble des Appareils WESTINGHOUSE transformés par le frein électro-pneumatique CHAPSAL



LÉGENDE

R	Robinet de manœuvre	S	Valve de serrage
T	Triple valve	D	Valve de desserrage

Fig. 2

Fig 3

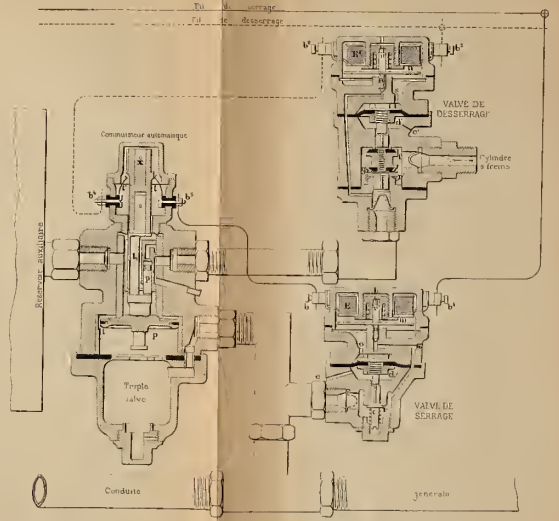


Fig 4

Robinet de manœuvre

Plan

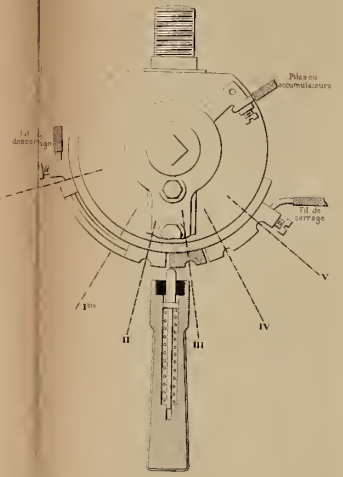
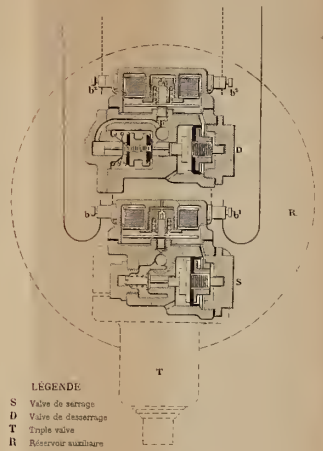


Fig 5

Nouvelle disposition des Valves électriques de serrage et de desserrage



LÉGENDE

S	Valve de serrage
D	Valve de desserrage
T	Triple valve
R	Réservoir auxiliaire

Fig 6

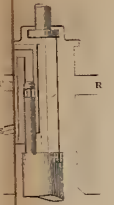


Fig 7

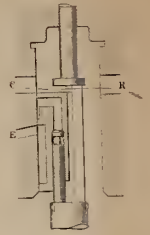
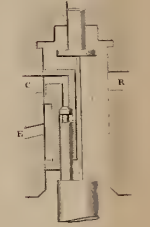


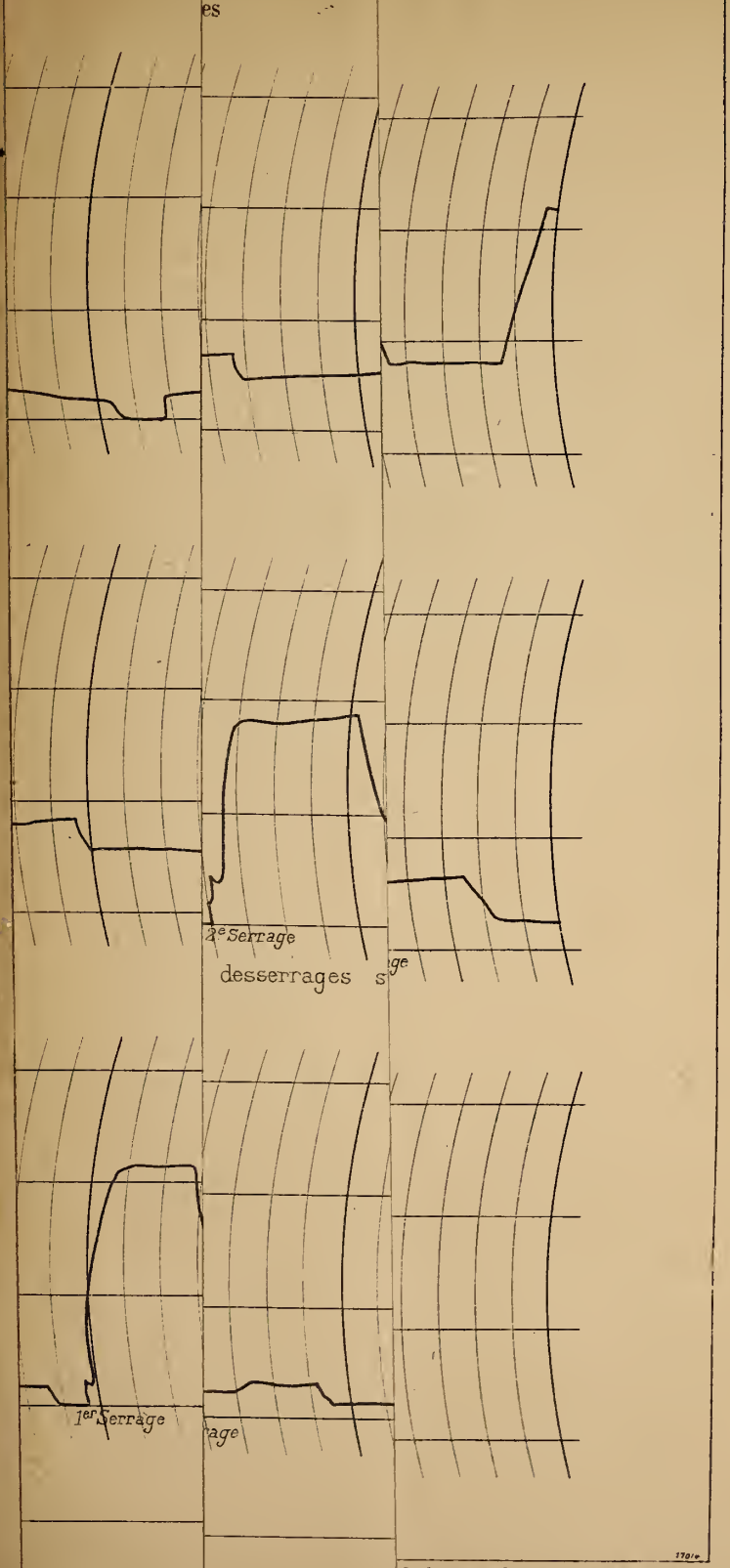
Fig. 8

Fig. 9



Imp. L. Courtier, 63 rue de Dunkerque, Paris

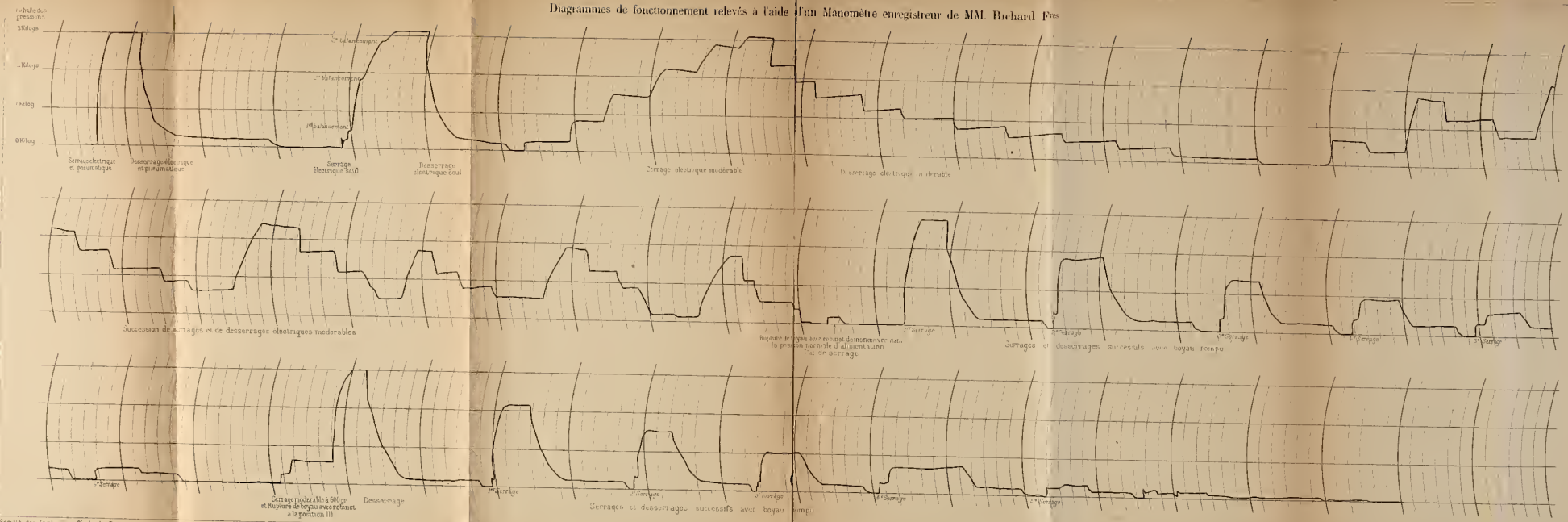
THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Diagrammes de fonctionnement relevés à l'aide d'un Manomètre enregistreur de MM. Richard Frs



Autog.-Imp. L. Cournet, 43, rue de Dunkerque, Paris

THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Pour essayer de remédier à ces inconvénients, on fut conduit à étudier de nouveaux appareils dits à action rapide, qu'on peut grouper en trois classes bien distinctes :

I. — Les appareils purement électriques;
II. — Les appareils purement pneumatiques;
III. — Les appareils faisant intervenir à la fois l'action pneumatique et l'action électrique.

Nous dirons très rapidement quelques mots des principaux de ces appareils en indiquant leurs desiderata.

Les appareils purement électriques, tels que le frein Achard, par exemple, qui donna lieu à des essais prolongés, avaient l'inconvénient de placer le fonctionnement entier du frein à la merci d'un raté de la commande électrique, et c'est sans doute en grande partie à cette cause qu'il faut attribuer leur non-adoption à une époque déjà éloignée de nous, où les Compagnies auraient pu suivre cette voie, au lieu de s'engager dans celle qu'elles ont adoptée. Il est juste d'ajouter qu'à cette époque, l'emploi de l'électricité était loin de présenter les certitudes qu'il donne à l'heure actuelle.

Aujourd'hui, il semble que tout appareil purement électrique, ou plus généralement que tout appareil nécessitant la suppression des freins pneumatiques actuels, ou même ne pouvant pas se continuer avec eux, ne saurait être adopté, étant donnés les frais et les modifications considérables qu'il entraînerait pour les Compagnies, qui ont tout leur matériel muni de freins pneumatiques d'un fonctionnement à peu près uniforme.

Les appareils de la deuxième classe, et qui emploient l'action purement pneumatique, peuvent être divisés en deux groupes : les uns, comme les freins Westinghouse, Wenger ou Soulerin, font usage d'accélérateurs; les autres, comme les appareils construits par la Compagnie de Fives-Lille, font au contraire usage de retardateurs.

Le principe des premiers consiste à produire, lors du serrage, des évacuations d'air locales sur toute la longueur du train, c'est-à-dire sur toutes les voitures successivement, au lieu de produire cette évacuation par le seul robinet du mécanicien.

On se sert pour cela d'accélérateurs placés à côté des distributeurs anciens, et qui, aussitôt que la dépression se fait sentir dans la conduite générale, mettent en communication cette conduite avec l'extérieur; cette manœuvre se répète de voiture en voiture

avec de plus en plus de rapidité, puisque tous les accélérateurs déjà ouverts aident au fonctionnement des suivants. C'est ainsi qu'on arrivait à obtenir une propagation assez rapide pour que le temps écoulé entre le freinage de la première et de la cinquantième voiture d'un train, par exemple, ne dépassât pas trois à quatre secondes, condition suffisante pour assurer un bon arrêt.

Toutefois, ces appareils qui donnent, comme on vient de le voir, des résultats satisfaisants au serrage rapide pour les arrêts d'urgence, sont restés identiquement ce qu'ils étaient au point de vue du desserrage, et à cause de la lenteur de ce dernier, sont inemployables comme les anciens sur des trains d'une certaine longueur.

Il faut bien en effet à ce moment remplir à nouveau toute la conduite générale par le seul orifice du robinet du mécanicien ; et l'on voit le temps que cette opération peut demander avec un train de 200 *m* et plus. Aussi le desserrage met-il trois ou quatre fois plus de temps à se propager que le serrage.

Il en résulte qu'il est impossible de ralentir un train sans l'arrêter complètement pour le desserrer, sous peine de produire des réactions suffisantes pour amener des ruptures d'attelage, même dans des rames ne dépassant pas vingt-quatre voitures.

C'est principalement cette lenteur du desserrage qui, lors des essais nombreux et répétés effectués vers 1889, sous le contrôle de la Commission dite des trains longs, présidée par M. l'Inspecteur général de la Tournerie, fit rejeter à plusieurs reprises, de la façon la plus absolue, tous les systèmes présentés.

Enfin ils présentent cet inconvénient capital que lors d'un serrage ordinaire, il suffit du fonctionnement accidentel d'un accélérateur, dû à une circonstance quelconque pour entraîner immédiatement celui de tous les autres.

Certains appareils qui emploient, pour commencer le remplissage de la conduite, l'air envoyé dans les cylindres à freins lors du serrage, auraient peut-être donné des résultats meilleurs ; ils n'ont pu, toutefois, être encore essayés sur des trains assez longs, pour qu'on puisse avoir une opinion motivée à leur sujet.

Dans les appareils dits à retardateurs, on a cherché, au contraire, à retarder le freinage des voitures de tête, et à créer, pour ainsi dire, un régime à peu près égal dans la conduite générale, avant de procéder au serrage, qui devait alors se produire à peu près simultanément.

Ces retardateurs étaient basés sur la force vive d'un système

mobile, force vive plus ou moins intense, suivant la vitesse de l'air qui mettait ce système en action.

Ces appareils dont on a fréquemment parlé depuis plusieurs années, ont toujours été entourés d'un certain mystère, et le manque presque absolu de publicité qu'on a donné à leurs expériences, empêche de pouvoir se former une opinion rationnelle à leur égard.

Il est toutefois permis de supposer qu'ils n'ont pas dû donner encore de résultats définitifs, puisqu'il n'en a jusqu'ici été fait aucune expérience publique.

Quoi qu'il en soit, dans tous ces appareils, les distributeurs anciens sont toujours séparés des accélérateurs par un robinet d'isolement, qui permet, une fois fermé, de ramener leur fonctionnement exactement à ce qu'il était avec les appareils primitifs, et nous ne pensons pas qu'on ait jamais pu les voir sur certains réseaux étrangers qui les ont adoptés, fonctionner normalement avec accélérateurs ouverts.

Ils rentrent donc jusqu'ici, quoique appliqués quelquefois sur une assez grande échelle, dans le domaine plutôt théorique, et étant données les considérations techniques développées plus haut, ils ne pourront en sortir que grâce à des améliorations considérables.

Si nous arrivons maintenant à la troisième classe de freins, qui font appel à la fois à l'action pneumatique et à l'action électrique, nous allons voir que tous présentent d'assez graves desiderata.

C'est ainsi, pour ne citer que les principaux, que le frein Carpenter peut être à la fois serré électriquement et pneumatiquement, mais que son desserrage ne peut être qu'électrique.

Le frein Card emploie lui aussi bien au serrage qu'au desserrage une commande électrique, et ne se sert de l'air comprimé que comme force motrice.

Le frein mixte Lipkowski, qui n'emploie l'électricité que pour le serrage, a pour principe de conserver la conduite générale remplie d'air en vue du desserrage. Il en résulte que, pour faire un serrage mixte, on doit abandonner, en vidant la conduite, l'avantage d'un desserrage accéléré. Dans le cas contraire, on s'expose, en cas de raté de la commande électrique, à faire le serrage par l'air un peu tard. En outre la modérabilité au serrage est obtenue à l'aide de l'action variable d'un courant magnéto-électrique dont le mécanicien doit lui-même assez difficilement régler l'intensité.

Enfin la Compagnie Westinghouse, dans ses essais de freinage électrique, a dû limiter l'emploi de l'électricité aux arrêts d'urgence, sans doute à cause de la difficulté de graduation du serrage. Le desserrage ne peut du reste pas se produire électriquement.

Tous les autres appareils imaginés jusqu'ici, du moins à notre connaissance, rentrent dans le cas d'un des précédents. Aucun d'eux, comme on le voit, ne donne une sécurité absolue au point de vue d'un raté possible d'un des deux freins, et ils sont presque tous tributaires, soit au serrage, soit au desserrage, de l'action électrique seule qui est toujours sujette à caution.

Enfin, le fonctionnement d'aucun d'eux n'est par là même indépendant du nombre des véhicules à la fois au serrage et au desserrage.

Le dispositif imaginé par M. Chapsal diffère entièrement de tous ces systèmes, en ce sens que le fonctionnement pneumatique et le fonctionnement électrique sont toujours intimement liés et toujours simultanés, aussi bien au serrage qu'au desserrage, en telle sorte qu'un raté de l'un quelconque laisse libre le fonctionnement de l'autre.

L'action électrique vient en aide à l'action pneumatique, et se substitue à elle aussi bien au serrage qu'au desserrage, jusqu'à ce qu'elle ait eu le temps de se produire au point considéré, de façon à rendre le fonctionnement des freins absolument indépendant du nombre des véhicules, dont chacun a pour ainsi dire son fonctionnement autonome.

En outre de la manœuvre électro-pneumatique simultanée, il possède un fonctionnement purement électrique qui nous donnera au serrage la modérabilité nécessaire aux ralentissements, et chose inconnue jusqu'ici dans les freins automatiques, la modérabilité complète au desserrage, qui, combinée avec la précédente, permettra la descente des pentes dans des conditions exceptionnelles.

Il supprime, comme on le verra, les arrêts intempestifs dus à des ruptures de boyaux ou à des accidents semblables, ce qui n'avait pu être obtenu jusqu'ici que par le frein double Westinghouse-Henry en usage sur la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. Il supprime, par la même raison, tous les blocages intempestifs des voitures en cours de route, si désagréables aux voya-

geurs, et si gênants pour une exploitation quelque peu intensive.

La simultanéité des deux actions donnera, dans les arrêts d'urgence une diminution importante de leur longueur.

Enfin, le frein Chapsal ne se présente pas sous la forme d'un appareil nouveau excluant les autres; il peut s'appliquer, grâce à des modifications convenables, à tous les systèmes existants, en leur procurant immédiatement les avantages principaux que nous venons d'énumérer, tout en mettant, au point de vue de la sécurité, deux appareils dans les mains du mécanicien au lieu d'un seul.

Le description que nous allons en faire, se rapportant principalement à l'application du dispositif Chapsal au frein Westinghouse ordinaire, qui est aujourd'hui le plus employé sur les grandes Compagnies françaises, nous rappellerons tout d'abord, en deux mots, le fonctionnement de ce dernier.

Il est toutefois nécessaire de dire auparavant quelques mots de la modérabilité.

Cette modérabilité consiste, comme on le sait, à pouvoir envoyer, dans les cylindres à freins, une pression réduite au lieu de la pression totale, et à pouvoir faire varier cette pression dans un sens ou dans l'autre.

On voit immédiatement son importance au point de vue des ralentissements et de la descente rationnelle des pentes; mais elle a aussi une influence considérable sur la douceur des arrêts; elle est pour ainsi dire, et toute proportion gardée, ce que la pression progressive d'une presse hydraulique est au choc brusque d'un marteau-pilon.

Les freins directs possèdent seuls la modérabilité absolue au serrage et au desserrage, puisqu'on agit avec eux directement au moment de l'arrêt par pression ou par dépression, qu'on peut graduer à volonté.

Les freins automatiques ne sont plus ou moins modérables qu'au serrage, et toute pression graduée ne peut être diminuée sans desserrer complètement.

Les freins Wenger et Soulerin possèdent essentiellement cette modérabilité.

Le frein Westinghouse a donné lieu à ce sujet à des opinions très opposées qui cependant avaient toutes deux leur raison d'être. On verra, en effet, tout à l'heure, que, théoriquement et même pratiquement, mais seulement dans un ensemble de circonstances données, la triple valve Westinghouse est modérable;

mais on pourra juger qu'en pratique, cet ensemble de circonstances est très difficile à obtenir. C'est, du reste, en vue de remédier à ce manque pratique de modérabilité, que la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a adopté depuis longtemps la transformation Westinghouse-Henry, et que, plus tard, on a été amené à créer entre autres les distributeurs Soulerin et les modérateurs Chapsal.

On sait que le frein Westinghouse se compose essentiellement, sous chaque voiture, d'un cylindre à frein à piston mobile qui actionne la timonerie ; d'un réservoir auxiliaire ; d'un distributeur appelé *triple valve* et d'une conduite générale avec ses accouplements.

Le mécanicien, à l'aide d'un robinet de manœuvre placé sur la machine, commande les rentrées ou les sorties d'air comprimé de la conduite générale.

En marche normale, cette conduite est chargée d'air à une pression de *4 kg* environ ; cet air pénètre par la triple valve dans les réservoirs auxiliaires, tandis qu'au contraire les cylindres à freins sont mis en communication avec l'extérieur.

Dès qu'on produit une dépression dans la conduite générale, les systèmes mobiles des triples valves fonctionnent, interrompent la communication des cylindres à freins avec l'extérieur, et les mettent au contraire en relation avec les réservoirs auxiliaires.

Le desserrage a lieu par la réintroduction de la pression primitive dans la conduite générale, ce qui replace les organes dans la position de marche.

Ceci donné, il importe d'examiner de plus près le fonctionnement de la triple valve, principalement au point de vue de la modérabilité.

Cette triple valve se compose *(fig. 3)* d'un système mobile comprenant un piston P auquel est fixé un petit piston *p*.

Ce système mobile peut entraîner, mais seulement dans une portion de sa course, un tiroir plan t_1 à deux lumières destiné à mettre le cylindre à freins en communication soit avec l'extérieur, soit avec les réservoirs auxiliaires.

Le fonctionnement est le suivant :

Pendant la marche du train, l'air comprimé de la conduite générale, arrivant sous le piston P, le soulève, et le tiroir entraîné met en communication directe les cylindres à freins avec l'air extérieur *(fig. 6)*.

Pendant ce temps, l'air comprimé pénètre par une faible rai-

nure *i* dite *d'alimentation* au-dessus du piston, et se rend de là dans les réservoirs auxiliaires qu'il charge à la pression de la conduite.

Lors d'un serrage à fond, la dépression produite dans la conduite générale abaisse brusquement le piston de la triple valve en entraînant le tiroir; la communication directe est dès lors établie entre le réservoir auxiliaire et le cylindre à freins, et le serrage à fond a lieu *(fig. 7)*.

La réintroduction de l'air dans la conduite générale fait remonter le système mobile et permet, par conséquent, la vidange des cylindres à freins à l'extérieur et le remplissage à nouveau des réservoirs auxiliaires.

La modérabilité dont il a été parlé plus haut, dépend précisément de la course relative du tiroir par rapport à celle du grand piston et du petit piston secondaire qui fait corps avec lui.

En effet, si, au lieu de faire une dépression brusque dans la conduite générale, on produit une dépression limitée, le grand piston n'est pas entraîné à fond de course, et il met simplement le tiroir dans la position représentée *(fig. 8)*, position où il reste, étant maintenu sur sa glace par un ressort et par la pression assez considérable qui s'exerce sur sa surface externe.

Dans cette position, l'air peut pénétrer dans le cylindre à freins non plus directement comme lors du serrage à fond, mais seulement par un petit orifice *s (fig. 8)* percé dans le tiroir et qui débouche en dessous du siège du petit piston secondaire.

Au moment où le grand piston a été partiellement abaissé, cet orifice est découvert, et une certaine quantité d'air pénètre, par conséquent, dans le cylindre à freins *(suivant la flèche)* en y produisant un serrage modéré; mais ce fait détermine immédiatement au-dessus du grand piston un certain abaissement de pression qui ne tarde pas à modifier le sens de la résultante et à le faire remonter. Il ne remonte toutefois que de la quantité juste nécessaire pour que le petit piston vienne s'appliquer sur son siège et interrompre, par conséquent, tout nouveau passage d'air vers le cylindre à freins.

Une nouvelle dépression limitée produira les mêmes phénomènes, et il en résulte par conséquent que, théoriquement, la triple valve est modérable, c'est-à-dire qu'elle permet une série de serrages gradués successifs.

On comprendra toutefois que cette modérabilité, qui s'obtient parfaitement sur des voitures isolées, est très difficile à obtenir sur un train, quand on saura que le serrage à fond se produit pour

une dépression de 400 à 500 *g* dans la conduite générale, tandis que le piston commence à se mettre en mouvement pour une dépression de 200 à 250 *g*.

Le mécanicien ne peut donc être certain de la graduation de son serrage, qu'à la condition de ne dépasser ce faible intervalle ni dans un sens ni dans l'autre, et l'on conçoit que ce résultat soit très difficile à atteindre par suite des remous d'air inévitables qui se produisent dans une conduite lorsqu'on fait une dépression à l'une de ses extrémités.

Ces remous produisent sous certaines voitures des dépressions locales supérieures à 500 *g* et amènent par conséquent le serrage à fond des freins, tandis que sur d'autres, les dépressions ne sont même pas suffisantes pour mettre les pistons des triples valves en mouvement.

On va voir comment, à l'aide de dépressions effectuées, non plus aux extrémités de la conduite, mais au niveau même de chaque triple valve, et simultanément, on profitera précisément de cette modérabilité théorique pour obtenir tous les phénomènes de modérabilité pratique au serrage et au desserrage, qui sont une des caractéristiques de la transformation électro-pneumatique de M. Chapsal.

Cette transformation, qui se rapporte au frein à air comprimé Westinghouse, *s'applique aussi bien au frein actuel qu'au frein nouveau dit à action rapide.*

Sous chaque voiture, on ajoute *(fig. 1 et 3)* :

Une *valve électrique de serrage* établie en un point quelconque de la conduite générale ;

Une *valve électrique de desserrage* placée entre la triple valve et le cylindre à freins ;

On modifie légèrement la partie supérieure de la triple valve, de façon à la transformer en commutateur automatique.

On dispose, sur toute la longueur du train, deux fils : l'un de serrage, l'autre de desserrage, qui sont reliés entre les divers véhicules par des accouplements, soit distincts, soit combinés avec les accouplements pneumatiques actuels ; sur ces conducteurs sont établis en dérivation les fils qui aboutissent aux valves de serrage et de desserrage de chaque voiture ; les circuits sont fermés par la terre.

Enfin, le robinet du mécanicien subit une légère modification consistant principalement dans l'addition d'une couronne métallique convenablement isolée, qui permet, suivant la position de

la poignée, de faire passer à volonté ou d'interrompre les courants de serrage ou de desserrage.

L'énergie électrique est fournie par une petite batterie de piles ou d'accumulateurs qui, pour vingt-quatre voitures, devra donner un courant de 15 à 20 volts et de 1/10 d'ampère par voiture, soit 2,6 ampères pour un train de vingt-quatre voitures, en tenant compte de la machine et du tender.

La figure 1 montre un croquis schématique de l'ensemble des appareils :

R est le robinet de manœuvre;
S la valve de serrage ;
D la valve de desserrage ;
T la triple valve modifiée.

Le circuit est fermé par la terre à l'aide de l'ensemble métallique des châssis.

La figure 3 montre en coupe les divers appareils et leurs liaisons respectives avec les fils de serrage et de desserrage.

La figure 4 montre en plan le robinet de manœuvre avec les diverses dispositions de la poignée.

La figure 5 montre une modification des valves électriques simplifiant leur construction.

Description des appareils.

La *valve électrique de serrage (fig. 3)* se compose d'un électro-aimant E, qui peut attirer un plateau m et permettre ainsi le soulèvement d'un pointeau a en même temps que la fermeture d'un pointeau v.

Elle comprend, en outre, un système mobile composé d'un diaphragme d et d'un clapet c maintenu fermé par un ressort r.

La *valve électrique de desserrage (fig. 3)* comporte le même électro-aimant E′ avec un plateau n pouvant être attiré et permettant le soulèvement d'un pointeau a' en même temps que la fermeture d'un pointeau v'.

Elle comprend, en outre, un système mobile composé d'un diaphragme d' et de deux clapets f et g maintenus soulevés par un ressort r'.

Quant à la *triple valve (fig. 3)*, elle a été modifiée comme il suit :

Le bouchon supérieur a été remplacé par un nouveau bouchon comportant deux bornes b^4 et b^5 qui communiquent avec deux contacts flexibles d'argent t' et t.

La partie supérieure de la tige du piston a été filetée et a reçu une pièce x portant deux saillies, dont l'une peut venir en contact avec t' et l'autre avec t.

Les bornes b^4 et b^5 sont reliées respectivement aux bornes b^2 et b des valves électriques dont les bornes b^1 et b^3 communiquent, la première avec le fil de serrage, la deuxième avec le fil de desserrage.

Le *robinet de manœuvre (fig. 4)* comporte cinq positions :

La position I est la position de desserrage à la fois électrique et pneumatique ;

La position V est la position de serrage à la fois électrique et pneumatique ;

La position III est la position neutre absolue dans laquelle ne se produit ni le fonctionnement électrique, ni le fonctionnement pneumatique ;

La position II est la position de desserrage électrique seul ;

Et la position IV est la position de serrage électrique seul.

FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL

Le fonctionnement général est le suivant :

Fonctionnement électro-pneumatique.

Serrage. — Si le mécanicien amène la poignée de son robinet de manœuvre à la position V, le courant de serrage est fermé, et, sous chaque véhicule, le plateau m des valves électriques de serrage est attiré. Immédiatement, l'air de la conduite générale qui agissait sous le pointeau a, soulève ce pointeau et passe par le conduit o pour venir agir sur la surface du diaphragme d. En même temps, le pointeau v est fermé et empêche toute perte d'air à l'extérieur. Aussitôt, le système mobile d, c, est abaissé avec le maximum de vitesse possible, puisque d'un côté du diaphragme d on a toujours la pression atmosphérique et de l'autre la pression de la conduite générale, et l'air de cette conduite s'échappe à l'extérieur, sous chaque véhicule par c, e. Dès que la dépression est suffisante pour produire l'abaissement du piston des triples valves le contact t cesse et par conséquent le courant de serrage se trouve

ouvert et les valves électriques de serrage reprennent leur position normale de marche.

Toutefois, comme la perte d'air dans la conduite générale n'a été exactement que celle nécessaire à l'abaissement du piston des triples valves, la diminution de pression qui se produit au-dessus de ce piston, par suite du passage de l'air des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins, fait presque immédiatement remonter le piston en question. Aussitôt le contact *t* se trouve rétabli, et par conséquent le courant de serrage fermé. Il en résulte un nouveau fonctionnement des valves électriques de serrage et une nouvelle perte d'air dans la conduite générale, ayant pour résultat un nouvel abaissement des triples valves et une nouvelle rupture du circuit.

Le robinet de manœuvre restant à la position V, la même série de phénomènes se renouvelle deux, trois ou quatre fois, comme l'indique fort bien le diagramme, jusqu'au moment où la perte d'air de la conduite générale, qui a lieu par le robinet de manœuvre, se fait sentir au niveau de la voiture considérée, ou jusqu'à ce que la perte d'air dans la conduite générale par les valves électriques de serrage ait été suffisante pour amener le serrage à fond.

Ces trois ou quatre *balancements* demandent au maximum trois secondes pour se produire, et *ont lieu simultanément sur tous les véhicules du train, quel que soit leur nombre.*

On voit donc que pendant le serrage électro-pneumatique, le fonctionnement pneumatique se produit comme à l'ordinaire, c'est-à-dire que l'air de la conduite générale s'échappe en grand par le robinet de manœuvre, pendant que l'action électrique se poursuit.

Le fonctionnement électrique a donc pour but de venir en aide au fonctionnement pneumatique en produisant sur tout le train, instantanément, des dépressions locales là où la dépression pneumatique n'a pas encore eu le temps d'arriver.

Le fonctionnement électrique remplace donc, en un mot, le fonctionnement pneumatique jusqu'à ce que ce dernier ait agi.

Il en résulte que sur les dernières voitures d'un train long, le fonctionnement électrique aura produit le serrage à fond avant même que le fonctionnement pneumatique ait eu le temps d'intervenir. Par conséquent, pour un véhicule de rang quelconque, la durée maximum du serrage à fond sera celle demandée par le serrage électrique, qui est, comme on l'a vu, de 3 secondes

au plus, tandis qu'aujourd'hui les sabots des freins de la vingt et unième voiture d'un train, ne commencent à se mettre en mouvement, d'après les expériences du *capitaine Douglas Galton*, qu'au bout de 3 secondes, le serrage à fond n'étant obtenu qu'après 5 secondes 1/2.

C'est cette différence dans la durée de propagation et l'instantanéité d'action sur toute la longueur du train, qui donneront, surtout aux grandes vitesses, *une diminution très notable de la longueur des arrêts d'urgence.*

Desserrage. — Pour desserrer, le mécanicien place son robinet à la position I. Immédiatement, le courant de dressage est fermé ; le plateau *n* de la valve électrique de desserrage est soulevé et l'air du réservoir auxiliaire qui agissait sous le pointeau *a'*, passe par *a'*, *s*, pour venir agir sur le diaphragme *d'*. Le système mobile *d'*, *f*, *g*, est alors abaissé, le clapet *f* ouvert, et le clapet *g* fermé. Il s'ensuit que, sous chaque voiture l'air des cylindres à freins s'échappe par *f*, *e'*, à l'extérieur et produit par conséquent le desserrage. En même temps, la rentrée d'air du réservoir principal s'effectue par le robinet de manœuvre et rétablit progressivement la pression dans la conduite générale.

Aussitôt que pour un véhicule de rang quelconque cette pression est suffisante pour faire remonter la triple valve, le contact *t'* quitte la tige et le courant de desserrage se trouve rompu.

A partir de ce moment, les organes de la valve électrique de desserrage reprennent leur position normale de marche et le reste de l'air contenu dans les cylindres à freins s'échappe à l'extérieur comme à l'ordinaire, par la triple valve, dont le tiroir ferme alors la communication avec le réservoir auxiliaire.

Il est à remarquer que pendant tout le temps que l'échappement de l'air a eu lieu par la valve électrique de desserrage, le clapet *g* a empêché toute perte d'air du réservoir auxiliaire vers l'extérieur.

Ainsi qu'on l'a vu pour le serrage, le fonctionnement électrique n'a donc pour but que de venir en aide au fonctionnement pneumatique et de le remplacer jusqu'à ce qu'il ait eu le temps de se produire.

Il en résulte que sur les derniers véhicules d'un train long, le desserrage aura lieu entièrement par l'électricité seule, avant même que la pression dans la conduite générale ait eu le temps de s'y propager et de mettre en mouvement les triples valves.

Donc, sur un véhicule de rang quelconque, le desserrage s'effectuera entièrement dans le temps maximum demandé par le desserrage électrique, temps qui ne dépasse pas 2 secondes 1/2.

Cette rapidité du desserrage, qui n'a encore été obtenue par aucun appareil, même à action rapide, est la seule qui permette les ralentissements et la remise en marche sans arrêt avec un train d'une certaine longueur, sans donner lieu aux réactions qui se produisent inévitablement lorsque la durée du desserrage dépasse quelques secondes, réactions qui sont assez violentes pour donner lieu, la plupart du temps, à des ruptures d'attelages.

Fonctionnement électrique seul.

Serrage à fond. — Lorsque le mécanicien met son robinet à la position IV, les orifices destinés à assurer le fonctionnement pneumatique ne communiquent pas entre eux, et par conséquent aucune perte d'air ne se produit par le robinet de manœuvre.

Toutefois, le courant électrique de serrage est fermé, et par conséquent des pertes d'air locales ont lieu instantanément sous chaque véhicule par les valves électriques de serrage. Ces pertes d'air amènent l'abaissement des triples valves et par suite le passage d'une certaine quantité d'air des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins; mais, dès que par suite de ce passage, la pression se raréfie au-dessus du piston des triples valves, le même *balancement* qui a été décrit plus haut se produit jusqu'à ce que la perte d'air par les valves électriques de serrage sous chaque véhicule soit suffisante pour assurer le serrage à fond, c'est-à-dire pour maintenir les pistons des triples valves au bas de leur course et assurer, par conséquent, la libre communication des réservoirs auxiliaires avec les cylindres à freins.

Ce serrage électrique ne demande pas 3 secondes *quel que soit le nombre des véhicules.*

Serrage modérable. — Si, au lieu de maintenir son robinet à la position IV, le mécanicien l'y laisse seulement un court instant et le ramène à la position III, rompant ainsi lui-même le circuit, il passe des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins une certaine quantité d'air proportionnelle à la dépression qui a été faite sous chaque véhicule.

Or, comme à chaque *balancement* du piston de la triple valve, la

dépression produite est limitée d'une manière invariable et pour ainsi dire mathématique par le commutateur automatique de la triple valve, de telle sorte qu'après chaque évacuation d'air, les pistons des triples valves remontent et restent en équilibre, de façon à assurer la fermeture par le tiroir de toute communication entre les réservoirs auxiliaires et les cylindres à freins, la pression introduite dans ces derniers reste telle qu'elle était, ne peut pas augmenter, et ne peut baisser légèrement que par suite de la non-étanchéité des cuirs des pistons des cylindres à freins.

Si le mécanicien désire augmenter le serrage, il ramène un instant son robinet à la position IV pour le replacer ensuite à la position III, de façon à provoquer sous chaque véhicule une nouvelle perte d'air qui produit un nouveau mouvement des triples valves, et donne lieu à un nouveau passage d'air des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins.

En répétant plusieurs fois cette manœuvre, le mécanicien a donc la possibilité de *graduer le serrage*, c'est-à-dire d'augmenter à volonté la pression dans les cylindres à freins, tout en étant certain que la pression ainsi créée restera constante, et ne pourra subir d'abaissement que par suite de fuites dues à la non-étanchéité des cuirs.

On verra aux diagrammes qu'on obtient jusqu'à six échelons de modérabilité au serrage.

Desserrage à fond. — Si le mécanicien place son robinet à la position II et l'y laisse, le courant de desserrage est fermé et le système d', f, g des valves électriques de desserrage est abaissé. La vidange de l'air des cylindres à freins s'effectue donc simultanément et intégralement sous chaque voiture par les valves électriques de desserrage, qui, en même temps, grâce à la fermeture du clapet g, empêchent toute perte d'air des réservoirs auxiliaires vers l'extérieur.

Dans la position II comme dans la position IV, le fonctionnement pneumatique n'a pas lieu.

Desserrage modérable. — Si, après un serrage modéré, au lieu de laisser le robinet à la position de desserrage II, le mécanicien l'y amène seulement un instant pour le remettre ensuite à la position III, il ne s'échappe des cylindres à freins que la quantité d'air correspondant au temps qu'a duré le courant, et le clapet f se referme. Il en résulte que par une série de manœuvres

successives, le mécanicien peut arriver à *abaisser graduellement la pression dans tous les cylindres à freins, d'une quantité aussi faible qu'il le désire*, puisque le tiroir de la triple valve ferme toujours comme nous l'avons vu plus haut, la communication du cylindre à freins avec le réservoir auxiliaire, grâce à l'action invariable du commutateur automatique. La modérabilité s'effectuera du reste au desserrage avec encore bien plus de précision qu'au serrage, puisqu'elle résulte purement et simplement d'une perte d'air correspondant à la durée du courant, au lieu de résulter du passage d'une certaine quantité d'air correspondant à une dépression donnée et de dépendre par conséquent du fonctionnement des triples valves.

Combinaison de la modérabilité au serrage et au desserrage. — Il est évident, d'après ce qui précède, que, lors de la descente d'une pente, par exemple, et suivant les variations du profil et les fuites dues à la non-étanchéité des cylindres à freins, le mécanicien peut, à volonté, en amenant successivement le robinet aux positions II, III et IV, diminuer ou augmenter la pression dans les cylindres à freins, de façon à l'amener toujours à celle qui lui permet exactement de vaincre l'accélération du train due à un ensemble de circonstances données. Il est donc entièrement maître de sa vitesse.

Cas de serrage intempestif dû à une rupture de boyau ou à une avarie semblable.

Premier cas. — (Le robinet du mécanicien est à la position normale d'alimentation (position I *bis*) ou exceptionnellement à la position de desserrage.)

On sait qu'une fois le desserrage effectué et le train remis en marche, le mécanicien doit toujours mettre son robinet à la position I *bis* dite *d'alimentation* située entre les positions I et II, et dans laquelle il passe à la conduite générale une quantité d'air très faible et simplement destinée à contrebalancer les fuites locales qui pourraient amener un abaissement de pression. Si, dans cette position, il se produit une rupture de boyau, les pistons des triples valves s'abaissent par suite de la vidange de la conduite générale, le courant de desserrage se trouve immédiatement fermé par suite même de la position du robinet de manœuvre et des

contacts qui y sont établis. L'air des réservoirs auxiliaires, qui tendrait à se précipiter dans les cylindres à freins, en est alors empêché par le fonctionnement immédiat de toutes les valves électriques de desserrage et, par conséquent, par la fermeture des clapets *g*. Il ne se produit donc aucun serrage; toutefois, le mécanicien est averti de l'incident :

1° Par le manomètre de la conduite générale qui tombe à *zéro ;*

2° Par la marche désordonnée de la pompe de compression qui atteint son maximum de vitesse, et cherche à compenser la perte d'air de la conduite générale ;

3° Par le sifflet avertisseur pour les Compagnies qui possèdent cet organe;

4° Au besoin, si on le désire, par une sonnerie spéciale fonctionnant lors du passage du courant électrique de desserrage.

On verra toutefois plus loin que, si on considérait ces avertissements comme insuffisants, on peut obtenir, même dans cette position du robinet de manœuvre, un blocage immédiat du train.

Deuxième cas. — (Au lieu d'avoir son robinet à la position de desserrage ou à la position d'alimentation, le mécanicien l'a à la position neutre absolue.)

Dans ce cas, qui se produit le plus souvent, lorsque le mécanicien a déjà fait un serrage modéré, et a dû, par conséquent, pour le maintenir, remettre son robinet à la position III, la rupture de boyau produit l'abaissement successif de toutes les triples valves, sans que le courant électrique de desserrage se trouve fermé automatiquement et sans, par conséquent, que les clapets *g* soient appliqués sur leurs sièges.

Il s'ensuit donc une communication complète de tous les réservoirs auxiliaires avec les cylindres à freins, et, par conséquent, un commencement de serrage à fond des freins sur tout le train. Mais dès que le mécanicien sent la résistance produite par suite de ce fait, il n'a qu'à mettre le robinet à la position II pour qu'immédiatement le courant électrique de desserrage passe et abaisse, par conséquent, le système mobile des valves électriques de desserrage en mettant en communication tous les cylindres à freins avec l'extérieur et en empêchant l'air des réservoirs auxiliaires de se perdre.

L'arrêt intempestif sera donc dans ce cas aussi évité, car, à la volonté du mécanicien, le desserrage se produira avant même

que le ralentissement dû au serrage des freins ait été sensible, le desserrage électrique étant obtenu en 3 secondes, tandis que l'arrêt du train demanderait au minimum 15 à 20 secondes.

Remarque. — Il est évident que si l'on supprime le contact électrique à la position du robinet dite *d'alimentation*, pour permettre le blocage du train par les voyageurs ou par les conducteurs, on se trouvera exactement dans les mêmes conditions que si le robinet était à la position neutre, c'est-à-dire qu'on aura un blocage immédiat ; mais le mécanicien pourra à sa guise desserrer électriquement son train, comme nous l'avons vu, ou laisser l'arrêt se produire.

Il est à remarquer que dans tous les cas, les réservoirs auxiliaires conservent toujours une pression notable et n'ont perdu, au maximum, que l'air nécessaire pour assurer le premier serrage à fond. Lors donc que le mécanicien jugera le moment propice pour arrêter son train, il n'aura qu'à ramener la poignée de son robinet à la position neutre pour qu'immédiatement le courant de desserrage cesse d'être fermé et que, par conséquent, une nouvelle charge d'air passe des réservoirs auxiliaires aux cylindres à freins. Il desserrera comme précédemment, et il lui sera loisible, *bien que sa conduite soit toujours ouverte, d'arrêter*, s'il le désire, *trois ou quatre fois son train*, et, par conséquent, de repartir avec la vitesse normale, jusqu'à ce qu'il ait atteint la station où se fera le remplacement de la rotule avariée, sous la protection des signaux.

Cas de serrage intempestif d'une voiture.

Il arrive souvent que par suite de dépressions locales et de sensibilité un peu plus grande des triples valves, une voiture d'un train se bloque en cours de route. Il est évident qu'il se produira pour cette voiture exactement les mêmes phénomènes qui viennent de se produire lors de la rupture de la conduite générale, avec robinet dans la position d'alimentation, c'est-à-dire que la valve électrique de desserrage de la voiture en question s'abaissera et produira par conséquent immédiatement l'échappement à l'extérieur de l'air qui avait pénétré dans le cylindre à freins.

C'est donc la *suppression absolue de tout arrêt des trains en cours de route, par suite de blocage intempestif de voiture isolée.*

Remarque. — Il est bon de rappeler qu'à l'heure actuelle, lorsqu'une rupture de boyau a lieu dans un train, le mécanicien ne peut produire, de sa machine, le desserrage des voitures, et qu'on est obligé de vidanger successivement tous les réservoirs auxiliaires du train à l'aide des valves de purge, opération qui entraîne toujours un arrêt en pleine voie de 15 minutes environ pour permettre au conducteur d'arrière d'assurer la protection.

Si, au lieu d'une rupture de boyau, il s'agit du blocage intempestif d'une voiture, le personnel du train doit, ce qui n'est pas toujours sans danger, se porter le long des marchepieds pour isoler la voiture s'il s'aperçoit du blocage; mais la résistance d'une voiture serrée n'appelle pas le plus souvent l'attention du mécanicien, et les voyageurs doivent rester soumis à des secousses violentes jusqu'au premier arrêt.

DIAGRAMMES DU FONCTIONNEMENT

Les diagrammes qui sont donnés planche 155 et qui ont été relevés, à l'aide d'un manomètre-enregistreur de MM. Richard frères, ne sont en réalité que la traduction graphique des explications précédentes.

La *première partie* présente le serrage à la fois électrique et pneumatique (position V) et le desserrage à la fois électrique et pneumatique (position I).

La *deuxième partie* présente le serrage électrique seul en trois *balancements* (position IV) et le desserrage électrique seul (position II).

La *troisième partie* présente le serrage électrique modérable avec six échelons de pression successifs dans les cylindres à freins (positions IV-III) et le desserrage électrique modérable avec abaissements successifs de la pression dans les cylindres à freins (positions II-III) en nombre aussi grand qu'on le désire.

La *quatrième partie* présente toute une série de serrages et de desserrages électriques modérables avec augmentation et réduction successives de la pression dans les cylindres à freins (positions IV, III, II).

La *cinquième partie* présente la rupture d'un boyau, le robinet étant à la position I ou à la position I *bis* d'alimentation. On voit que la pression introduite dans le cylindre à freins est à peine de

200 *g*, et n'est même pas suffisante pour vaincre la résistance du ressort de rappel de ce cylindre.

La *sixième partie* montre les serrages et desserrages successifs (positions (III-II) que le mécanicien a encore à sa disposition tout en ayant sa conduite ouverte.

On remarque que ces serrages diminuent d'intensité depuis 3 *kg* environ jusqu'à 500 *g*, par suite, bien entendu, de l'appauvrissement successif des réservoirs auxiliaires.

La *septième partie* montre la rupture d'un boyau au moment où le frein était déjà légèrement serré (600 *g* environ) et où, par conséquent, le robinet était à la position III. Aussitôt après le blocage, on peut voir le desserrage électrique immédiat suivi de quatre ou cinq serrages et desserrages successifs que le mécanicien peut encore faire à volonté bien que sa conduite générale soit ouverte.

RÉSUMÉ

Il nous reste maintenant à résumer en quelques mots les avantages principaux qui résultent de la transformation du frein Westinghouse à l'aide du dispositif électro-pneumatique de M. Chapsal. Cette transformation s'appliquerait de même à tout système de freins, en se servant toujours comme commutateur des parties mobiles du distributeur ou de tout autre organe mobile, dont le mouvement en dépendra.

Ces avantages sont les suivants :

I. — On a toujours à sa disposition deux freins absolument distincts, fonctionnant simultanément, par la même manœuvre, mais tout à fait indépendants l'un de l'autre; on double donc ainsi les moyens de sécurité actuelle.

II. — On obtiendra une réduction très notable des arrêts d'urgence, grâce à l'instantanéité du serrage, sur tous les véhicules du train.

III. — Le fonctionnement devient entièrement indépendant du nombre de ces véhicules, puisque chacun a, pour ainsi dire, son mode de fonctionnement propre, mis en action par un courant électrique dont la durée de propagation est inappréciable.

IV. — Le desserrage aussi bien que le serrage sont instantanés, quelle que soit la longueur du train, et on a, par conséquent, la

3 0112 059068749

possibilité de ralentir et de repartir sans arrêt, sans avoir à craindre les ruptures d'attelage dont il a été question.

V. — On possède la modérabilité au serrage et la modérabilité absolue au desserrage; ces deux modérabilités combinées permettent la descente des pentes dans des conditions exceptionnelles en donnant à volonté telle variation de pression qu'on désire dans les cylindres à freins.

VI. — En cas de rupture de boyau, avec le robinet de manœuvre à la position de desserrage ou d'alimentation, suppression de l'arrêt intempestif, tout en avertissant le mécanicien du fait qui vient de se produire, et en lui donnant la faculté d'arrêter son train à l'endroit qu'il jugera le plus convenable.

VII. — Possibilité, bien que la conduite soit ouverte, de faire encore quatre ou cinq serrages et autant de desserrages à volonté.

VIII. — Dans le cas de rupture des boyaux, avec robinet à la position neutre, ou dans le cas de suppression de contact à la position d'alimentation, blocage du train et déblocage immédiat avant même qu'il ait subi un ralentissement notable, tout en conservant la possibilité de faire à volonté quatre ou cinq serrages et desserrages ultérieurs.

IX. — Suppression de tout blocage intempestif de voiture isolée en cours de route.

X. — Suppression des ratés qui ont été constatés quelquefois, dans le frein automatique par suite de l'obturation de la conduite générale par des fragments de boyaux avariés.

XI. — En cas de raté électrique, fonctionnement du frein pneumatique dans les conditions ordinaires et sans aucun retard.

XII. — Facilité de visite des appareils électriques qui sont tous indépendants des organes du frein, et mélange possible des freins électro-pneumatiques transformés avec des freins ordinaires.

Telles sont les explications que nous avons pensé être de nature à intéresser beaucoup de nos Collègues, et plus particulièrement ceux qui tiennent de près ou de loin aux Compagnies de chemins de fer, et c'est précisément l'intérêt profond qui s'attache à l'heure actuelle à ces questions au point de vue de la sécurité, de l'exploitation et à tant d'autres encore, qui nous a conduit à exposer un peu longuement peut-être cette invention si pleine d'intérêt et de nouveauté.